

NATURALEZA DE LA DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN EL SECTOR BIOFARMACÉUTICO DE BRASIL Y MÉXICO. UN ANÁLISIS DE CITA DE PATENTES

Alenka GUZMÁN CHÁVEZ
Edgar ACATITLA ROMERO
Karina MALDONADO CARBAJAL

SUMARIO: I. *Introducción*. II. *Antecedentes teóricos y empíricos*. III. *Modelo de difusión*. IV. *Análisis de los resultados*. V. *Conclusiones*. VI. *Referencias bibliográficas*. VII. *Anexo*.

I. INTRODUCCIÓN

Los diferentes patrones de difusión del conocimiento tecnológico que adoptan los países han sido identificados como factor clave para explicar las diferentes dinámicas de crecimiento económico entre países.¹ Los historiadores económicos identifican el papel clave de la absorción y la difusión del conocimiento tecnológico en el crecimiento económico.²

El propósito de este capítulo es analizar la naturaleza de la difusión de los nuevos conocimientos tecnológicos generados en el sector biofarmacéutico de Brasil y México de 1980 a 2013 hacia otros países, con base en el análisis de cita de patentes hacia adelante. En particular, nos interesa responder las siguientes interrogantes: ¿cuál es la probabilidad de que las patentes concedidas en el sector biofarmacéutico en la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO por sus siglas en inglés) a Brasil y México sean difundidas (citadas por otras patentes)?, ¿cuáles son los factores que

¹ Rogers, M., *Knowledge, Technological Catch-Up and Economic Growth*, Cheltenham-Northampton, Edward Elgar, 2003.

² Rosenberg, N., *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, 1982.

explican la probabilidad de que las patentes de Brasil y México en el área biofarmacéutica sean difundidas (citadas por otras patentes)?

En un sentido amplio, la difusión del conocimiento permite propagar en tiempo y en espacio: ideas, patrones de cultura, prácticas y modelos institucionales, métodos de producción y nuevos productos y servicios, entre otros. La difusión de cada uno de estos aspectos es analizada desde diferentes campos del conocimiento científico y tecnológico con metodologías específicas. Sin embargo, todas las disciplinas científicas comparten preocupaciones comunes: conocer cuáles son los factores que influyen en la propagación de estos aspectos, cómo interactúan los factores y su efecto en la tasa de difusión. Esto involucra un esfuerzo por construir propuestas teóricas y empíricas para medir estas cuestiones de la difusión.³

En el proceso de innovación tecnológica, la difusión adquiere una relevancia fundamental porque en la medida en que se propaga espacialmente el uso de nuevos productos (en regiones, países, habitantes) y se adoptan nuevas técnicas de producción (en sectores productivos), en esa medida, el progreso tecnológico empieza a instalarse en las diferentes regiones y países. Su extensión internacional va destruyendo paulatinamente las viejas tecnologías, tal como lo refiere la idea *schumpeteriana* de la destrucción creadora.⁴

La industria farmacéutica tiene una particular relevancia para el bienestar de la población de todos los países. El descubrimiento y el desarrollo de nuevas moléculas terapéuticas, su producción industrial y su disponibilidad en el mercado de los diferentes países es crucial para la cura de diferentes enfermedades y la reducción de las tasas de mortalidad en los países, lo cual implica la difusión y la adopción de las novedades médicas. Sin embargo, en los países menos desarrollados económicamente se registran altas tasas de mortalidad y el consumo de medicamentos es notablemente inferior al de países desarrollados. Además, existen algunas enfermedades locales, para las cuales aún no han sido desarrollados medicamentos terapéuticos o existen restricciones al acceso de los nuevos medicamentos. En algunos casos, aquellos países que no han desarrollado una industria farmacéutica local dependen totalmente de la importación de medicamentos. Así, los precios monopólicos u oligopólicos impiden a la población enferma acceder a los medicamentos. En tal caso, la difusión y la utilización de las novedades es limitada. En otros casos, los países tienen una industria local con relativas capacidades de producción de medicamentos al menudeo pero son aun de-

³ Gomulka, S., *The Theory of Technological Change and Economic Growth*, Londres, Routledge, 1990.

⁴ Aghion, P y Howitt, P., *A Model of Growth through Creative Destruction*, National Bureau of Economic Research, documento núm. 3223, 1990.

pendientes de la importación de moléculas, o también de los medicamentos finales, al carecer de capacidades de investigación y desarrollo de moléculas. Finalmente, algunos países, como Brasil y México, han desarrollado capacidades tecnológicas y de innovación, aunque todavía con enormes brechas con respecto a los países industrializados, cuyas industrias farmacéuticas poseen fuertes capacidades de innovación, de producción y de oferta de sus novedades terapéuticas.⁵

No obstante que la actividad inventiva en la industria biofarmacéutica de los dos países latinoamericanos es reducida, hay capacidades inventivas y algunas de ellas de relevancia. En tal sentido, nos interesa estimar la probabilidad de que las patentes, fruto de la investigación y el desarrollo de firmas, instituciones o individuos, sean difundidas y analizar cuáles son los probables factores que estarían explicando su difusión.

Aunque existen estudios sobre la innovación local en la industria farmacéutica de Brasil y México, poco se ha abordado sobre la naturaleza de su difusión. El análisis de este fenómeno nos daría cuenta de cómo las novedades en el campo biofarmacéutico tienen impacto en otras latitudes y cómo se explicaría la velocidad de su difusión. Esto tendría un impacto de retorno en la medida en que los agentes que innovan estarían interactuando con aquellos agentes nacionales e internacionales que reconocen la importancia de la invención y la citan cuando generan otra invención.

Este trabajo se fundamenta en diversas contribuciones teóricas y empíricas sobre la innovación y la difusión del conocimiento tecnológico de innovación. Particularmente, se retoman los estudios que han reconocido la importancia de las patentes como fuente sistematizada y completa de la información tecnológica para estudiar la trayectoria de las innovaciones;⁶ la naturaleza de las mismas;⁷ los flujos de conocimiento tecnológico;⁸ y, en específico, los flujos de países desarrollados a países en desarrollo;⁹ la impor-

⁵ Guzmán, A., *Propiedad intelectual y capacidades de innovación en la industria farmacéutica de Argentina, Brasil y México*, México, Gedisa-UAM, 2014.

⁶ Schmookler, J., "Economic Sources of Inventive Activity", *The Journal of Economic History*, vol. 22, núm. 1, 1962.

⁷ Griliches, Z., *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago-Londres, The University of Chicago Press, 1984; Jaffe, A. y Trajtenberg, M., *Patent, Citations and Innovations*, Cambridge-Londres, The MIT Press, 2002.

⁸ Jaffe, A. y Trajtenberg, M., *Patent...*, *cit.*

⁹ Hall, B. *et al.*, *NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools*, National Bureau of Economic Research, documento núm. 8498, 2001; Hu, A. G. Z. y Jaffe, A., "Patent Citations and International Knowledge Flow: The Cases of Korea and Taiwan", *International Journal of Industrial Organization*, vol. 21, núm. 6, 2003.

tancia de las invenciones y su valor comercial,¹⁰ entre otros. Reconociendo el potencial que ofrecen los datos de las patentes para estudiar diferentes problemas de investigación relativos al proceso de innovación, y la difusión como parte de ese proceso, esta investigación propone un modelo econométrico de tipo *Poisson* para analizar los factores que influyen en la difusión de las invenciones generadas por Brasil y México de 1980 a 2013 mediante la cita de patentes, con base en la información de las patentes concedidas por la USPTO a agentes de estos dos países.

Se suscribe como hipótesis inicial que considerando a la cita de patentes hacia adelante (*forward patent citation*) como una variable *proxy* de la difusión de las innovaciones de mayor valor tecnológico, se espera que esta mayor difusión en el área biofarmacéutica de Brasil y México se asocie positivamente con las siguientes variables: innovación radical, número de reivindicaciones (*claims*), invenciones patentadas en varias oficinas (patentes PCT), la cooperación tecnológica (co-patentes), el tamaño del equipo de los inventores, la movilidad de los inventores (presencia de inventores extranjeros), la relación con el sector académico (número de citas de artículos científicos), el esfuerzo del sector estatal (institucional) en la innovación en el campo biofarmacéutico (número de patentes por universidades e institutos de investigación en *biopharma*), la participación de empresas (patentes de empresas), el menor tiempo con el que las patentes de América Latina son citadas (*forward patent citation*).

Así también, sostenemos que el menor rezago de difusión depende de un mayor esfuerzo en investigación y desarrollo (I+D), de la capacidad de absorción del nuevo conocimiento tecnológico, la eficiencia de los sistemas nacionales de investigación (SNI), el capital humano especializado y la cooperación tecnológica entre agentes de cada país. Sin embargo, esta hipótesis no será probada en esta investigación.

Este estudio tiene cuatro secciones. En la segunda se exponen los principales conceptos de la difusión tecnológica y la forma en cómo ha sido estudiada y los trabajos empíricos que anteceden a la investigación. En la tercera se expone el modelo propuesto. En la cuarta se da cuenta de los resultados y se analizan. Finalmente se presentan las conclusiones.

¹⁰ Criscuolo, P. et al., *Measuring Knowledge Flows Among European and American Multinationals: A Patent Citation Analysis*, Países Bajos, Eindhoven University of Technology, documento presentado en *The Future of Innovation Studies Conference*, septiembre de 2001; Hall, B. et al., *Market Value and Patent Citations: A First Look*, Berkeley, University of California, Department of Economics, documento de trabajo, núm. E01-304, 2001.

II. ANTECEDENTES TEÓRICOS Y EMPÍRICOS

De acuerdo con la definición de la OCDE, “la difusión de la tecnología es el proceso en el que los conocimientos y las competencias técnicas se expanden y se asimilan en el conjunto de la economía, y ella cubre todas las acciones a nivel de la empresa o de la organización para explotar las ventajas económicas de una innovación”.¹¹ Se distinguen dos tipos de difusión de la tecnología: a) la difusión de la tecnología incorporada en los equipos, y b) la difusión de la tecnología no incorporada. La primera “describe cómo el proceso de difusión de las innovaciones se difunde en el seno de la economía mediante la compra de maquinaria, componentes y otros equipos de alta intensidad tecnológica”.¹² La segunda se refiere a las vías de difusión de la tecnología de y del conocimiento tácito, el cual difiere de la adquisición de máquinas y equipos.

La difusión del conocimiento científico y tecnológico está estrechamente ligado a su naturaleza. El conocimiento, en tanto bien económico producido por el sector de investigación y desarrollo (I+D), posee características diferentes a otros bienes económicos. El conocimiento tiene por característica de ser un bien no rival, exclusivo y acumulativo.¹³ La no rivalidad se expresa por el hecho de que el conocimiento puede ser utilizado al mismo tiempo por varios individuos. Pero al mismo tiempo es exclusivo porque el propietario del nuevo conocimiento puede limitar su acceso mediante los derechos de propiedad intelectual. Así también, es acumulativo porque el valor del conocimiento no disminuye cuando se utiliza, por el contrario, se incrementa; ciertos conocimientos pueden ser fácilmente transferidos hacia los distintos agentes económicos, mientras que los otros son tácitos y se expresan a través de los agentes individuales y colectivos.¹⁴ Por esta razón, una cadena de innovaciones precede a cada innovación. La no-rivalidad y la exclusividad implican un doble carácter, contradictorio de los conocimientos: el carácter público y el carácter privado, cuestión que tiene una influencia en la manera en que los nuevos conocimientos se derraman.

Los conocimientos científicos, producto de la investigación de las ciencias puras realizada por las universidades y las instituciones de estudios su-

¹¹ OCDE, *La Mondialisation de l'industrie*, París, 1996, p. 18.

¹² OCDE, *La Mondialisation Industrielle. Quatre Études de Cas: Pièces Automobiles, Produits Chimiques, Construction y Semi-Conducteurs*, París, 1992, p. 52.

¹³ Romer, P., “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, núm. 98, 1990.

¹⁴ Lundvall, B. A., *National Systems of Innovation: An Analytical Framework*, Londres, Pinter, 1992, p. 18.

periores son bienes del orden público, constituyen un patrimonio de dominio público y, por tanto, el beneficio se ubica en el ámbito social. Pero la difusión de los nuevos conocimientos, productos o procesos generados en los laboratorios de I+D de las empresas, pueden ser protegidos o limitados en su uso por la vía de la legislación de propiedad intelectual vigente.

La sociedad obtiene cuatro clases de beneficios derivados de la concesión temporal de los derechos monopólicos, a través de las patentes: los estímulos para la innovación privada, el uso del nuevo conocimiento para la actividad productiva, la diseminación del nuevo conocimiento y los estímulos de innovación a otras empresas.¹⁵

Conforme a esta lógica, el grado y el ritmo de difusión están ligados a los márgenes y al monto de beneficio esperado por el empresario y, en añadidura, al marco institucional (legislaciones, reglamentaciones gubernamentales, etcétera) que favorece u obstaculiza a su desarrollo.

Entre los canales de difusión de la tecnología no incorporada están: las licencias de patentes de productos o procesos industriales, servicios de consultoría y capacitación para el uso de tecnologías, subcontratación de I+D (transmisión del conocimiento tácito), que permiten el desarrollo de habilidades técnicas y tecnológicas.¹⁶

En este proceso de difusión de los nuevos hallazgos científicos y tecnológicos, los investigadores (ingenieros, técnicos, etcétera) de I+D desempeñan un papel muy importante, dependiendo de sus capacidades de absorción¹⁷ y de las redes de conocimiento que se establecen mediante diversos medios (movilidad laboral, asistencias a congresos). La derrama del conocimiento tecnológico hace posible que los investigadores puedan efectuar la ingeniería a la inversa, la estrategia imitativa, para desarrollar la innovación. En tal sentido, la información publicada en las patentes puede ser una fuente importante de difusión tecnológica tanto para una estrategia imitativa como para una de innovación radical

¹⁵ Scherer, F. M., *Patents, Economics, Policy and Measurement*, Cheltenham-Northampton, Edward Elgar, 2005.

¹⁶ Veugelers, Reinhilde y Cassiman, Bruno, "Make and Buy in Innovation Strategies: Evidence from Belgian Manufacturing Firms", *Research Policy*, vol. 28, núm. 1, 1999; Grandstrand, Ove *et al.*, *Technology Management and International Business*, Wiley & Sons, 1992; Henderson, Rebecca *et al.*, "Universities as a Source of Commercial Technology: A Detailed Analysis of University Patenting, 1965-1988", *Review of Economics and Statistics*, vol. 80, núm. 1, 1998; Cockburn, Iain y Henderson, Rebecca, "Scale and Scope in Drug Development: Unpacking the Advantages of Size in Pharmaceutical Research", *Journal of Health Economics*, vol. XX, núm. 6, 2001.

¹⁷ Levin, Richard *et al.*, "Appropriating the Returns from Industrial Research and Development", *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 3, 1987.

III. MODELO DE DIFUSIÓN

1. *Fuente de datos*

Se consultaron 199 patentes concedidas por la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés) a Brasil y México durante el periodo 1980-2013 en las clases 514 y/o 424 y también 800 y/o 435. De las cuales 127 corresponden a Brasil, iniciando en 1985, y 72 a México.

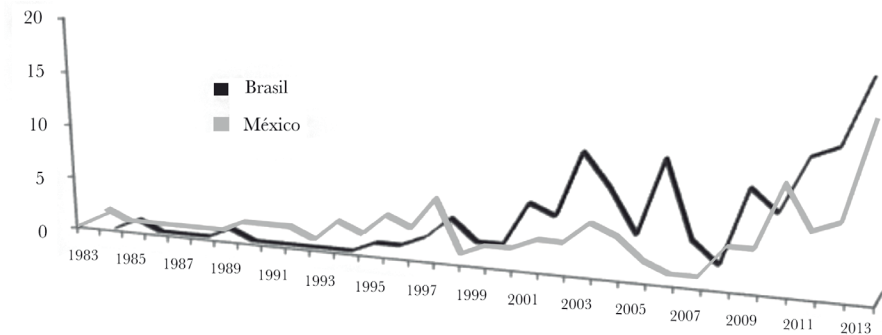
Las variables del modelo propuesto se obtuvieron a partir de los datos contenidos en las patentes concedidas por USPTO: número de la patente, año de la solicitud, año de la concesión, resumen de la patente, reivindicaciones de novedad, nombre y nacionalidad de la patente, nombre y nacionalidad de los inventores, citas que hace la patente, citas hechas por otra patente o patentes, referencias bibliográficas, clases tecnológicas en las que se reconoce la novedad. También se consultaron los datos de las patentes que citan a las patentes de Brasil y México para identificar a los titulares, sus nacionalidades, fechas de concesión de las patentes y clase tecnológica de la patente.

En términos generales, la tasa de difusión tecnológica de un país, teniendo como variable a las patentes, se define como el cociente entre el número de las patentes locales concedidas en la oficina de patentes del país y el número de patentes de este país concedidas en oficinas de propiedad intelectual de otro país en calidad de no residente (USPTO, EPO, WIPO). En especial para países emergentes o en desarrollo este coeficiente es generalmente bajo, lo cual indicaría una baja tasa de difusión de las innovaciones a nivel internacional. No obstante lo anterior, nos interesa estudiar cómo aquellas patentes que han sido otorgadas en otras oficinas internacionales, como la USPTO, logran tener una difusión mayor al reconocerse el valor de la invención por otras patentes, mediante la cita hacia adelante. Elegimos la USPTO debido a las siguientes razones: *a)* porque Estados Unidos es el mercado tecnológico más importante, y *b)* por la importancia que tiene el mercado biofarmacéutico de Estados Unidos y el liderazgo de este país en la innovación. Además de que homogeneizamos para los dos países el marco institucional del patentamiento al reconocer una sola oficina de patentes, es decir la USPTO.

2. La actividad inventiva en Brasil y México 1980-2013

Durante el periodo de análisis, 1980-2013, se registran 199 patentes concedidas de los dos países. En el caso de Brasil, fueron 127 las patentes concedidas. A su vez, México obtuvo 72 patentes. De 1980 a 1994, Brasil prácticamente tiene un nulo patentamiento en USPTO, pero a partir de 1995 el número de patentes creció, muy probablemente debido al fortalecimiento del sistema de patentes con la adopción del ADPIC en 1996. En el caso de México, la actividad inventiva reconocida como patentes de USPTO fue errática durante la década de 1980, y en los años noventa el número de patentes se incrementó ligeramente hasta lograr un aumento significativo a partir de 2010. No obstante que México adoptó el ADPIC en 1991, antes que Brasil, estimamos la tasa de crecimiento promedio anual de los dos países de 1996 a 2013, con la finalidad de tener un indicador comparativo; el crecimiento de Brasil durante este subperiodo fue de 27.8% y el de México de 18.3%. Aunque con una tendencia creciente, los dos países están lejos de registrar el número de patentes concedidas en el área de biofarmacéutica que poseen países industrializados o emergentes de Asia.

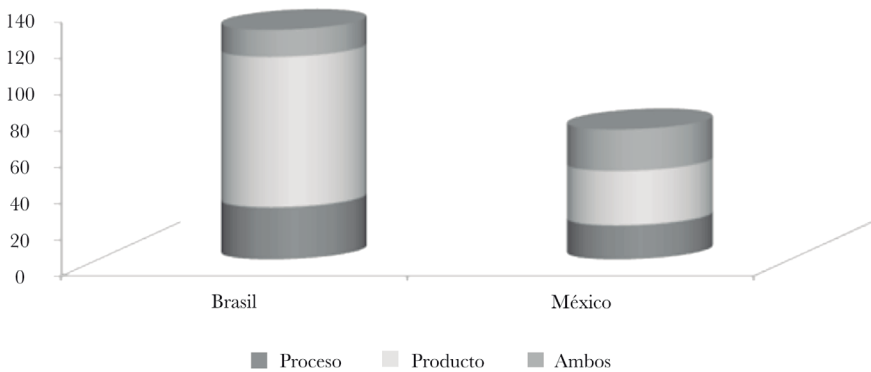
GRÁFICO 1
PATENTES CONCEDIDAS A BRASIL Y MÉXICO POR USPTO
EN EL ÁREA BIOFARMACÉUTICA, 1983-2013



FUENTE: USPTO, clases 514 y/o 424, y 800 y/o 435.

De acuerdo con la información proporcionada en el resumen y en las reivindicaciones de novedad, clasificamos las invenciones por producto, por proceso o ambos. En México y Brasil tienen mayor importancia las innovaciones de producto. En el periodo de análisis Brasil tiene 30 patentes de producto que representan el 65% del total, y México 30 patentes que corresponden al 42%. En ambos países las innovaciones de proceso tienen similar porcentaje de participación, 23% y 26%, respectivamente. México aventaja a Brasil en las innovaciones que incluyen producto y proceso (32% frente a 12%).

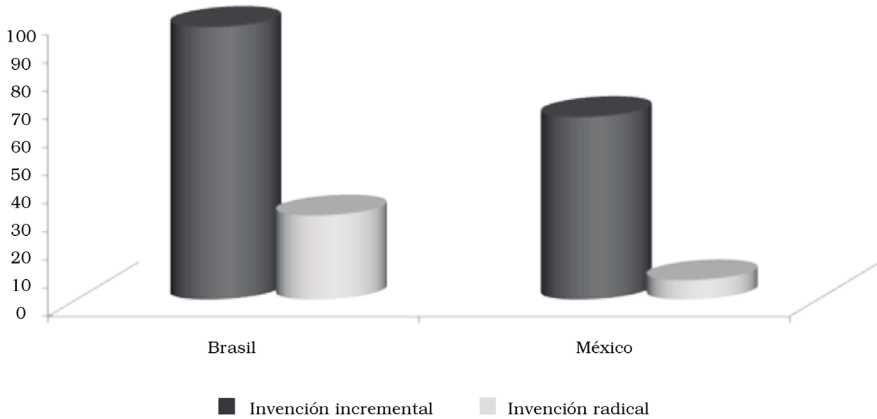
GRÁFICO 2
PATENTES CONCEDIDAS A BRASIL Y MÉXICO EN EL ÁREA
BIOFARMACÉUTICA POR PRODUCTO, PROCESO O AMBOS,
1983-2013 (NÚMERO DE PATENTES)



FUENTE: USPTO, clases 514 y/o 424, y 800 y/o 435.

En relación con las invenciones radicales o incrementales, detectamos que las invenciones de ambos países son mayormente incrementales, lo cual se vincula a estrategias imitativas de la industria farmacéutica local. En México, el 90% (65 patentes) de las innovaciones podrían considerarse incrementales y sólo 10% radicales (7 patentes). A su vez, en Brasil, 76% (97 patentes) de las innovaciones se caracterizarían como incrementales y 24% radicales (30 patentes). Esta característica tiene una gran relevancia porque nos permite identificar la naturaleza de la innovación que se realiza en cada país en esta área tecnológica.

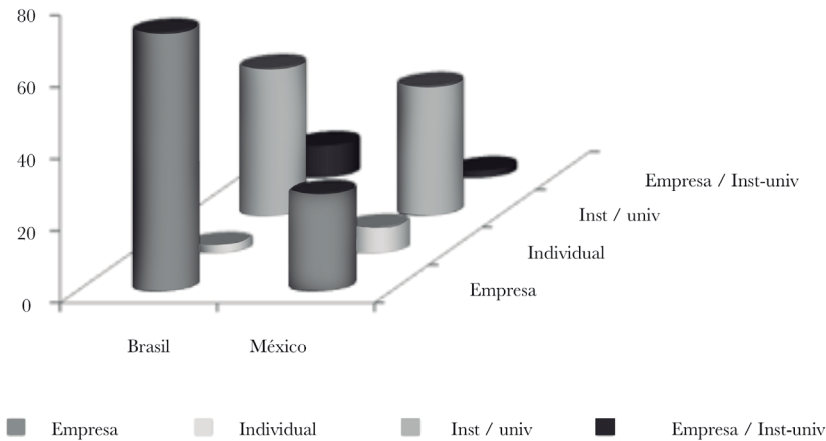
GRÁFICO 3
PATENTES CONCEDIDAS A BRASIL Y MÉXICO
DE BIOFARMACÉUTICA POR TIPO DE INNOVACIÓN RADICAL
O INCREMENTAL, 1980-2013 (NÚMERO DE PATENTES)



FUENTE: USPTO, clases 514 y/o 424, y 800 y/o 435.

La información de la titularidad de la patente nos permite identificar el tipo de propietario y, con ello, caracterizar a la actividad inventiva en el sector biofarmacéutico. En los países industrializados, las empresas tienen una mayor injerencia en el patentamiento porque son éstas las que escalan a nivel industrial las invenciones. En países emergentes, las instituciones tienen un papel muy importante en la actividad inventiva, sin embargo, no siempre existen vínculos exitosos con las empresas para llevar las invenciones al ámbito productivo mediante transferencia tecnológica. El grado de participación de las empresas es un indicador de qué tan activo es el sector empresarial en desarrollar nuevos productos o procesos. Así, se observa que en Brasil las empresas contribuyen con el 58% de las patentes, en tanto que en México es de 37%. No obstante que en Brasil un catalizador de la actividad inventiva han sido las instituciones/universidades, sólo un tercio de las patentes corresponden a éstas; en México, la importancia de las instituciones/universidades es de 50%. La colaboración empresa-universidad es aún débil en Brasil y México (7% y 3%, respectivamente). Las patentes pertenecientes a individuos en México alcanza 10% y en Brasil 2%. En ocasiones se patenta a nombre de individuos, aunque detrás hay una empresa o se trata de académicos de universidades, donde no se ha regulado lo suficiente para que se patente a nombre de la institución.

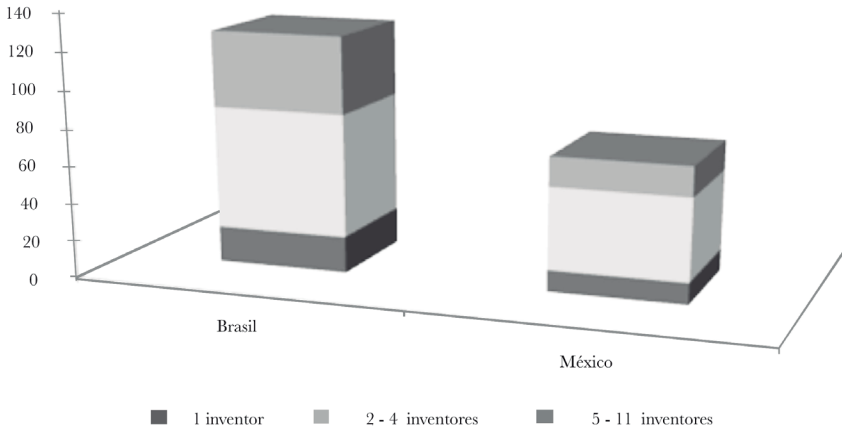
GRÁFICO 4
PATENTES CONCEDIDAS A BRASIL Y MÉXICO
POR USPTO EN EL ÁREA DE BIOFARMACÉUTICA
POR TIPO DE TITULAR, 1980-2013 (NÚMERO DE PATENTES)



FUENTE: USPTO, clases 514 y/o 424, y 800 y/o 435.

El tamaño de los equipos es un indicador clave en las actividades inventivas porque nos sugiere la fortaleza de los grupos de investigación o lo contrario. Generalmente, en los países industrializados líderes, los equipos de investigación son grandes a fin de retroalimentar el proceso de investigación y las ideas novedosas. Tanto en Brasil como en México hay una mayor participación de equipos de inventores conformados por 2 a 4 inventores, lo que dista de lo que ocurre en los países con elevadas capacidades tecnológicas. Brasil tiene 66 patentes y México 44 patentes resultado de la actividad inventiva de 2 a 4 investigadores, lo cual representa 52% y 61%, respectivamente. Casi un tercio de las patentes de Brasil se dio con la participación de 5 a 11 inventores; en México sólo 22%. La contribución individual en las patentes es la menor, Brasil 16% y México 17%, pero aun resulta mayor a la de otros países, donde ésta es marginal o nula.

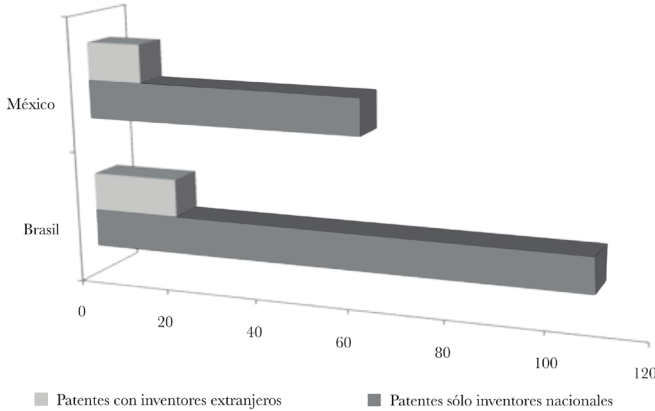
GRÁFICO 5
PATENTES CONCEDIDAS POR USPTO A BRASIL Y MÉXICO
EN EL ÁREA BIOFARMACÉUTICA POR TAMAÑO DEL EQUIPO
DE INVENTORES, 1980-2013 (NÚMERO DE PATENTES)



FUENTE: USPTO, clases 514 y/o 424, y 800 y/o 435.

Con respecto a la nacionalidad de los inventores, se advierte que en las patentes de Brasil y México fundamentalmente hay inventores locales (85% y 83%, respectivamente), y en un porcentaje menor de patentes hay presencia de inventores extranjeros. Este indicador también tiene relevancia para la actividad inventiva porque la movilidad de los inventores se asocia no sólo a derramas de conocimiento tecnológico codificado sino también al conocimiento tácito. Se ha encontrado evidencia de que la productividad de la innovación se incrementa cuando en los equipos hay participación de investigadores extranjeros.

GRÁFICO 6
PATENTES CONCEDIDAS A BRASIL Y MÉXICO POR USPTO
EN EL ÁREA BIOFARMACÉUTICA POR NACIONALIDAD
DE LOS INVENTORES, 1980-2013 (NÚMERO DE PATENTES)



FUENTE: USPTO, clases 514 y/o 424, y 800 y/o 435.

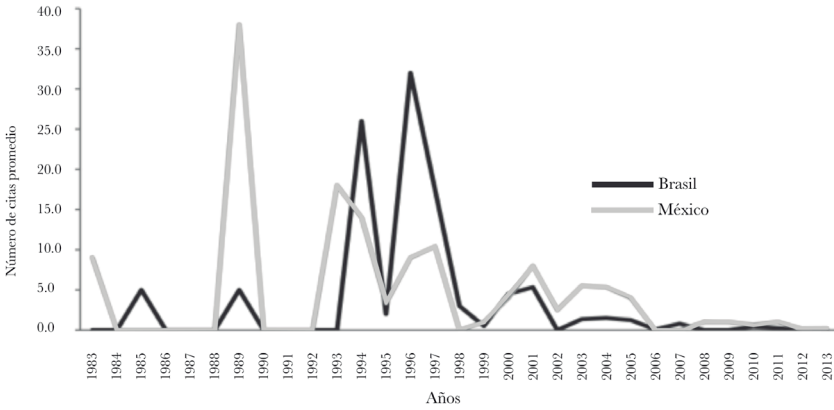
Las citas a patentes previas (citas hacia atrás) es un indicador *proxy* de los flujos de conocimientos tecnológicos, el cual permite estimar las derramas de conocimiento tecnológico, la proximidad geográfica y la tecnológica de los países frente a los países líderes. Las fortalezas que tienen los países en términos de capital humano, capacidades de absorción y movilidad internacional de los investigadores son factores que contribuyen a explicar la propensión a citar las novedades previas.¹⁸ Brasil y México cuentan entre 1983 y 2013 con un número similar de citas de patentes previas, 873 y 825 respectivamente, aunque el promedio de cita por patente es de 6.9 y 11.5 citas por patente.

Las citas de patente que reciben las patentes (citas hacia adelante) han sido consideradas un indicador *proxy* del valor comercial de las invenciones. A mayor número de citas recibidas mayor la importancia de la invención y, por tanto, las expectativas de comercialización también. En este estudio, nosotros consideramos la cita de patentes hacia adelante como un indicador de difusión de las invenciones patentadas por Brasil y México en USPTO en el área biofarmacéutica. Las citas promedio recibidas por las patentes de titulares brasileños y mexicanos han sido durante el periodo de estudio de 1.9

¹⁸ Guzmán, A. y Gómez, H., “Patterns of Knowledge Flows from Industrialized to Emerging Countries. The Evidence of the Pharmaceutical Industry’s Use of Patent Citation”, *Contaduría y Administración*, vol. 60, 2015.

para Brasil y 4.0 para México. Sin embargo, en el gráfico 7 se advierte que la tendencia ha sido errática para ambos países.

GRÁFICO 7
CITAS POR PATENTE PROMEDIO RECIBIDAS A LAS PATENTES
DE BRASIL Y MÉXICO CONCEDIDAS POR USPTO EN EL ÁREA
BIOFARMACÉUTICA, 1983-2013



FUENTE: elaboración propia con base en USPTO, clases 514 y/o 424 y 800 y/o 435.

Entre las cinco patentes de Brasil con mayores citas recibidas de titulares destacan dos (5623067 y 5589615), que comparten la titularidad con la empresa Plant Genetic Systems de Bélgica, orientadas a investigación agrícola (por lo que hay inventores de las dos nacionalidades), las cuales acumulan 33 citas cada una. A su vez, la patente 5368867 de la empresa Peroxidos de Brasil registra 27 citas recibidas. En un nivel menor, la patente 6323006 de la Universidad Federal de Minas Gerais obtuvo 16 citas a su patente. Asimismo, la empresa Industria Villares, S. A., ha recibido 15 citas a su invención en el proceso de obtención del etanol.

De las cinco patentes mexicanas con mayores citas, sobresale laboratorios Biochemie de México, empresa trasnacional, con 40 citas a su patente 4828832 sobre un tratamiento terapéutico a la piel. Enseguida, la empresa Grupo Cydsa, S. A. de C. V., obtuvo 27 citas a su patente 5236677; finalmente, la empresa Aplicaciones Farmacéuticas, S. A. de C. V., registró 26, 24 y 17 citas en invenciones de soluciones farmacéuticas inyectables a tres de sus patentes.

Si comparamos este número de citas con las que reciben las patentes de países industrializados, es magro.

TABLA 1
PATENTES DE BRASIL Y MÉXICO CONCEDIDAS EN USPTO
CON MAYOR NÚMERO DE CITAS RECIBIDAS

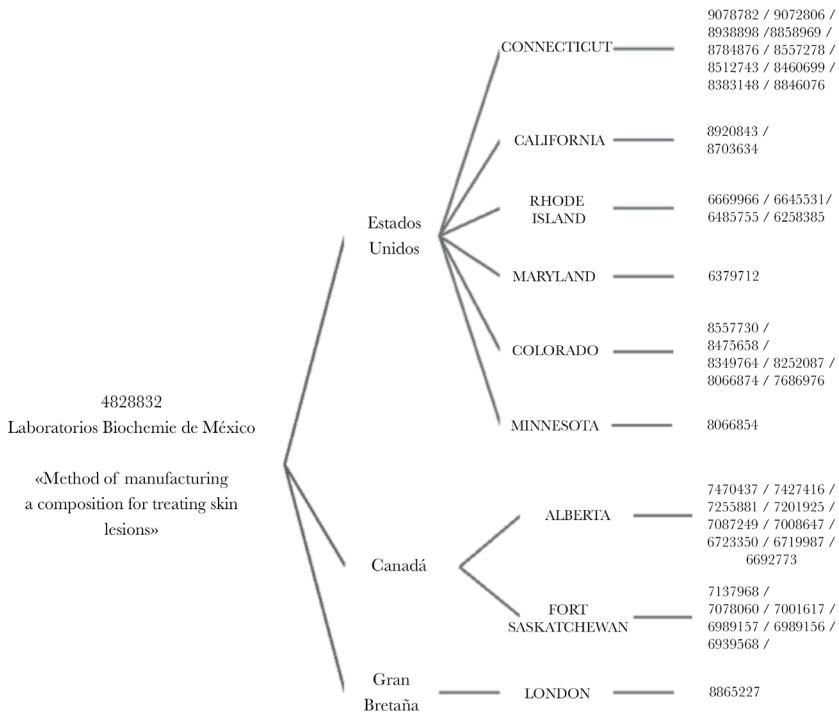
<i>Brasil</i>						
<i>Número de patente</i>	<i>Año</i>	<i>FwPat Cit</i>	<i>Título</i>	<i>Titular</i>	<i>Inventor/es</i>	<i>Nacionalidad</i>
5623067	1997	33	Seed-specific promoter region	Plant Genetic Systems, N.V. (Ghent, BE) Brazilian Agricultural Research Organization-Embrapa/Cenargen (Brasilia, BR)	Vandekerckhove, Joel S. (Loppem, BE), Krebbers, Enno (Alhambra, CA), Botterman, John (Zevergemde Pinte, BE), Leemans, Jan (Deurle, BE)	BE, CA
5589615	1996	33	Process for the production of transgenic plants with increased nutritional value via the expression of modified 2S storage albumins	Plant Genetic Systems N.V. (Ghent, BE) Brazilian Agricultural Research Organization-Embrapa/Cenargen (Brasilia, BR)	De Clercq, Ann (Harelbeke, BE), Krebbers, Enno (Alhambra, CA), Vandekerckhove, Joel (Loppem, BE), Barreto de Castro, Luiz (Brasileia, BR), Gander, Eugen (Brasileia, BR), Van Montagu, Marc (Brussels, BE)	CA, BE, BR
5368867	1994	27	Process for the accelerated production of stable solutions, in equilibrium, of peracetic acid in low concentrations	Peroxidos Do Brasil (São Paulo, BR)	Da Silva, Alcides B. (São Paulo, BR), Tognetti; Joao B. (São Paulo, BR), Dadabhoy, Jal R. (São Paulo, BR)	BR

<i>Número de patente</i>	<i>Año</i>	<i>FwPat Cit</i>	<i>Título</i>	<i>Titular</i>	<i>Inventor/es</i>	<i>Nacionalidad</i>
6323006	2001	16	Recombinant human beta-CIS interferon	Universidad Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte, BR)	Peregrino Ferreira, Paulo Cesar (Belo Horizonte, BR), Geessien Kroon, Erna (Belo Horizonte, BR), Golgher, Romain Rolland (Belo Horizonte, BR), Bonjardim, Claudio Antonio (Belo Horizonte, BR), De Carvalho, Alex Fiorini (Belo Horizonte, BR)	BR
4529699	1985	15	Process and installation for obtaining ethanol by the continuous acid hydrolysis of cellulosic materials	Industrias Villares, S. A. (BR)	Gerez, Jose C. C. (Campinas, BR), Gerez, Maria D. C. A. (Campinas, BR), Miller, Joseph (Campinas, BR)	BR
<i>México</i>						
4828832	1989	40	Method of manufacturing a composition for treating skin lesions	Laboratorios Biochemic de México (Col. Granada, MX)	De Cuéllar, Blanca Rosa A. (Mexico City, MX), Bello, Luis Armando L. (Ciudad Satélite, MX)	MX

<i>Número de patente</i>	<i>Año</i>	<i>FwPat Cit</i>	<i>Título</i>	<i>Titular</i>	<i>Inventor/es</i>	<i>Nacionalidad</i>
5236677	1993	35	Biological process for the elimination of sulphur compounds present in gas mixtures	Grupo Cydsa, S. A. de C. V. (Garza García, MX)	Torres-Cardona, Mario D. (Nuevo León, MX), Revah-Moiseev, Sergio (Virreyes, MX), Hinojosa-Martínez, Antonio (Nuevo León, MX), Páez-Moreno, Fernando J. (Nuevo León, MX), Morales-Baca, Víctor M. (Nuevo León, MX)	MX
5643604	1997	26	Parenteral dosage form	Aplicaciones Farmacéuticas, S. A. de C. V. (MX)	Ángeles Uribe, Juan (México, MX), Garza Flores, Josué (México, MX)	MX
5360616	1994	24	Injectable pharmaceutical composition	Aplicaciones Farmacéuticas, S. A. de C. V. (Mexico City, MX)	Garza Flores, Josué (Mexico City, MX), Laiseca Soto, Laura P. (Mexico City, MX), Guillén Pichardo, José (Sto. Domingo, DO), Ángeles Uribe, Juan (Mexico City, MX)	MX
5512303	1996	17	Injectable pharmaceutical composition	Aplicaciones Farmacéuticas S. A. de C. V. (Mexico City, MX)	Garza Flores, Josué (Mexico City, MX), Laiseca Soto, Laura P. (Mexico City, MX), Guillén Pichardo, José (Sto. Domingo, DO), Ángeles Uribe, Juan (Mexico City, MX)	MX

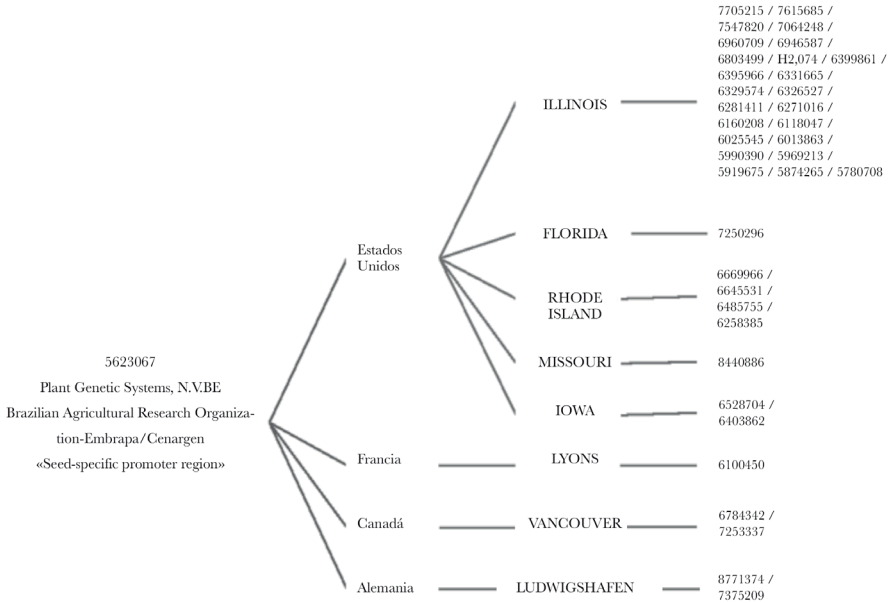
Los gráficos 8 y 9 ilustran el destino geográfico de la difusión de la novedad patentada con mayor número de citas recibidas de Brasil y México. En el caso de la patente 4828832 de México, las patentes que citan son fundamentalmente de titulares de Estados Unidos. En relación con la patente 5623067 de Brasil, se advierte una mayor diversificación geográfica en la difusión (Estados Unidos y países de la Unión Europea).

GRÁFICO 8
PATENTE DE MÉXICO CONCEDIDA POR USPTO MAYOR
CITADA POR PAÍSES Y NÚMERO DE LAS PATENTES QUE CITAN



FUENTE: elaboración propia con base en USPTO, clases 514 y/o 424, y 800 y/o 435.

GRÁFICO 9
 PATENTE DE BRASIL CONCEDIDA POR USPTO MAYOR CITADA
 POR PAÍSES Y NÚMERO DE LAS PATENTES QUE CITAN



FUENTE: elaboración propia con base en USPTO, clases 514 y/o 424, y 800 y/o 435.

3. Metodología

Para estimar la difusión del conocimiento tecnológico generado en el sector biofarmacéutico de Brasil y México se consideraron los datos de patentes concedidas por la USPTO. La hipótesis inicial que se formuló es: considerando la cita de patentes hacia adelante (*forward patent citation*) como una variable *proxy* de la difusión de las innovaciones de mayor valor tecnológico, se espera que esta mayor difusión en el área biofarmacéutica de Brasil y México se asocie positivamente con las siguientes variables: innovación radical, número de reivindicaciones (*claims*), invenciones patentadas en varias oficinas (patentes PCT), la cooperación tecnológica (co-patentes), el tamaño del equipo de los inventores, la movilidad de los inventores (presencia de inventores extranjeros), la relación con el sector académico (número de citas de artículos científicos), el esfuerzo del sector estatal (institucional) en la innovación en el campo biofarmacéutico (número de patentes por universida-

des e institutos de investigación en *biopharma*), la participación de empresas (patentes de empresas), el menor tiempo con el que las patentes de América Latina son citadas (*forward patent citation*).

Sin embargo, después de probar con las diferentes variables en los modelos propuestos, se eliminaron las siguientes variables que no cumplían las pruebas estadísticas: la movilidad de los inventores (presencia de inventores extranjeros), el esfuerzo del sector institucional (patentes de universidades o instituciones en el área biofarmacéutica), la participación de empresas (patentes de empresas), la innovación radical o incremental, la innovación de proceso o de producto. Se esperaba que estas variables tuvieran una influencia en la difusión porque normalmente en países industrializados éstas tienen un gran impacto en la generación y difusión del conocimiento patentado. Muy probablemente el hecho de que México y Brasil tengan una reducida y errática actividad inventiva, asociado a la naturaleza de la actividad inventiva, repercute en que no pueda evaluarse el efecto de estas variables.

Finalmente, la hipótesis que en esta investigación se suscribe es la siguiente: se espera que la mayor difusión de las novedades de Brasil y México en el área biofarmacéutica se halle asociada positivamente con las siguientes variables: la amplitud tecnológica, el número de reivindicaciones, los registros de patentes en otras oficinas, la colaboración tecnológica (co-patentes), el tamaño de los equipos de investigación, la velocidad con la que se difunden las novedades y al conocimiento previo acumulado.

A fin de probar la hipótesis se propone un modelo de tipo *Poisson* y se establece la siguiente ecuación de difusión de los nuevos conocimientos tecnológicos, considerando como variable *proxy* de la difusión el número de citas hacia adelante de las patentes en el sector biofarmacéutico mundial en dos países de América Latina (Brasil y México), en función del conjunto de variables explicativas señaladas ($X = x_i$):

$$DifBiof_{B,M} = E[y_i/x_i] = \exp(x_i, \beta)$$

$$DifBiof_{B,M} = E[y_i/x_i] = \exp(x_i, \beta)$$

Donde:

$DifBiof_{B,M}$ = difusión de los nuevos conocimientos tecnológicos patentados en el área biofarmacéutica de Brasil y México. Se toma como variable *proxy* al número de citas a patentes de México (Mx) y Brasil (Br) concedidas en el área biofarmacéutica (*ForPatCit* —patentes hacia adelante—).

El conjunto X se compone de las siguientes variables explicativas x_i y sus respectivas hipótesis:

TABLA 2
VARIABLES DEL MODELO ECONOMÉTRICO

	<i>Variable proxy</i>	<i>Hipótesis</i>
		Se espera que:
<i>TechPatCit</i>	Amplitud tecnológica. Es una variable numérica que indica el número de clases tecnológicas en las que fueron citadas las patentes de Ar, Br y Mx.	Entre mayores sean las clases tecnológicas de las patentes que citan (<i>FrePatCit</i>), mayor la propensión a la difusión. ¹⁹
<i>Cl</i>	Es el número de reivindicaciones de novedad (<i>claims</i>).	Al tener una patente mayor número de reivindicaciones, son más las novedades que se le reconocen a la invención, entonces habrá mayor propensión para su difusión. ²⁰
<i>PCT</i>	Patentes concedidas en WIPO. Es una variable <i>dummy</i> , donde 1= la patente tiene registro PCT, y 0 = la patente no tiene PCT.	Una mayor propensión de difusión cuando una patente sea PCT, debido a que éstas pueden solicitar su registro en 148 países.
<i>CoopTéc</i>	Cooperación tecnológica. La titularidad de la patente compartida (co-patente) es una variable <i>proxy</i> de la cooperación tecnológica entre diferentes agentes. Es una variable <i>dummy</i> , donde 1 = hay cooperación tecnológica, y 0 = no hay cooperación tecnológica.	Una mayor difusión cuando se trate de co-patentes, bajo el supuesto de que éstas son resultado de la cooperación entre agentes en la I+D. ²¹

¹⁹ Alcácer, J. y Gittelman, M., "Patent Citations as a Measure of Knowledge Flows: The Influence of Examiner Citations", *Review of Economics and Statistics*, vol. 88, núm. 4, 2006.

²⁰ Tong, X. y Frame, J. D., "Measuring National Technological Performance with Patent Claims Data", *Research Policy*, vol. 23, núm. 2, 1994; Lanjouw, J. O. y Schankerman, M., *Patent Suits: Do They Distort Research Incentives?*, CEPR, documento de trabajo, núm. 2042, 2000; Lanjouw, J. O. y Schankerman, M., "Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators", *The Economic Journal*, vol. 114, núm. 495, 2004.

²¹ OCDE, *Manual de estadísticas de patentes de la OCDE*, OCDE, 2002.

	<i>Variable proxy</i>	<i>Hipótesis</i>
		Se espera que:
<i>InvTSize</i>	Tamaño de los equipos de investigación. Es el número de inventores involucrados en la generación de la patente.	A mayor número de inventores en la generación de la patente, las redes tienden a crecer y, por tanto, sea mayor la propensión de su difusión. ²²
<i>LagPatCit</i>	Rezago temporal en que se cita a una patente de Brasil y México. Es una variable <i>proxy</i> de la velocidad de difusión que considera el número de años en que la patente es citada, por fechas de solicitud de la patente que cita y la citada.	Entre menor sea el tiempo en que la patente se cite mayor será la propensión de su difusión e incluso su valor. ²³
<i>BkPatCit</i>	Conocimiento previo acumulado en este sector. Se toma como variable <i>proxy</i> el número de citas que contiene una patente asignada en biofarmacéutica de otras patentes.	Entre mayor sea el número de citas que contiene una patente asignada en el sector de biofarmacéutica de otras patentes, mayor será la propensión de la difusión del nuevo conocimiento generado en este sector tecnológico.

Posteriormente, se propusieron tres modelos más (binomial negativo, otro *Poisson*, y uno más binomial negativo) con la finalidad de encontrar aquel que permitiera una mejor distribución de los datos y sus resultados tuvieran confiabilidad para poder interpretarlos de manera adecuada.

IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Conforme a las estimaciones realizadas, se encontró que aun cuando los parámetros de las variables resultaron estadísticamente significativos (menores a 0.05), con excepción de la velocidad de difusión —*LagPatCit*— (con *p-value* de 0.08923), la bondad de ajuste del modelo no resultó adecuada, debido a

²² Newman, M., “The Structure and Function of Complex Networks”, *SIAM Review*, vol. 45, núm. 2, 2003.

²³ Gay, C. *et al.*, “The Determinants of Patent Citations: An Empirical Analysis of French and British Patents in the US”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 14, núm. 5, 2005.

que la R-cuadrada de McFadden es igual a 0.51. Los resultados del modelo 1 *Poisson* utilizado también presentan problemas de sobredispersión de los errores. Al ser la prueba de contraste *Chi-cuadrada* elevada (40.78) y el *p-valeu* de 0, se debe rechazar la hipótesis nula que establece que no hay sobredispersión. Adicionalmente, el modelo presenta problemas de distribución anormal de los errores. El valor del estadístico de prueba *Chi-cuadrada* es elevado (92.62) y el *p-valeu* muy cercano a 0, por lo que se debe rechazar la hipótesis nula que establece que los errores se distribuyen en forma normal.

Considerando los problemas de los resultados del modelo 1 *Poisson*, se estimó un segundo modelo de tipo binomial negativo considerando las mismas variables. Los resultados obtenidos en el modelo 2 fueron los siguientes: la prueba *alpha* resultó significativa con un valor positivo de 1.36 y un *p-valeu* de 0.00001, lo cual indica que los datos se representan mejor con la distribución binomial negativa. Sin embargo, no todos los valores de los estimadores resultaron significativos. Los estimadores de PCT e *InvTSize* resultaron no significativos con un *p-valeu* de 0.14 y 0.76, respectivamente. A su vez, los parámetros estimados de las variables *Cl* y *BkPatCit* muestran una significancia límite con un *p-valeu* de 0.05884 y 0.05272, por lo que podrían ser considerados en los resultados.

En la búsqueda de mejorar las estimaciones se consideró un tercer modelo nuevamente de tipo *Poisson*, manteniendo las variables del primer y segundo modelos. Los resultados del modelo 3 fueron los siguientes: todos los coeficientes de las variables resultaron significativos, excepto el de la variable *LagPatCit*, con un *p-valeu* de 0.05745, en el límite de significancia. No obstante, en este modelo se presentan nuevamente problemas de sobredispersión, debido a que la prueba de contraste *Chi-cuadrada* presenta un valor elevado de 40.17 y un *p-valeu* de 0, lo cual indica que se debe rechazar la hipótesis nula que establece que no hay sobredispersión de los errores.

Frente al problema de sobredispersión que presentó el tercer modelo de tipo *Poisson*, se estimó un cuarto modelo de tipo binomial negativo, considerando las mismas variables del tercer modelo de tipo *Poisson*. Pese a que este modelo 4 no cumple el supuesto de distribución de los errores, es el que mejor explica la influencia de las diferentes variables independientes en la variable dependiente. El parámetro de la prueba *alpha* fue de 1.45, con un *p-valeu* de 0.00001, lo cual indica que la naturaleza de los datos se ajusta mejor a una distribución binomial negativa.

Los resultados de los dos últimos modelos se presentan en la tabla 3. En relación con el modelo 4, las variables: amplitud tecnológica, número de reivindicaciones de novedad, cooperación tecnológica, rezago temporal en que se cita a la patente y conocimiento previo acumulado en este sector

resultaron estadísticamente significativas. En cambio, las variables: patentes concedidas en WIPO y tamaño de los equipos de investigación no resultaron significativas, con un *p-valor* de 0.21 y 0.77, respectivamente.

TABLA 3
 RESULTADOS DE LOS MODELOS *POISSON* Y BINOMIAL NEGATIVO

<i>México y Brasil</i>				
<i>Variable</i>	<i>Modelo 3 de tipo Poisson</i>		<i>Modelo 4 de tipo binomial negativo</i>	
	<i>Coefficiente</i>	<i>Valor p</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Valor p</i>
TechPatCit	0.491302	0.00001	1.05086	0.00001
CI	-0.00969425	0.03184	-0.0245216	0.03485
PCT	-1.05708	0.00001	-0.425596	0.21398
Cooptec	0.640233	0.00001	0.665576	0.05557
InvTSize	0.10037	0.00035	0.0217776	0.77418
LagPatCit	0.00213288	0.05745	0.00887625	0.00634
BkPatCit	0.0115382	0.00041	0.0183901	0.04997
R-cuadrado de McFadden			Normalidad	
	0.498388		Errores	
Contraste de sobredispersión			15008.1	0.00000
	40.1725	0.0000		
			<i>Alpha</i> : 1.58095	0.00001

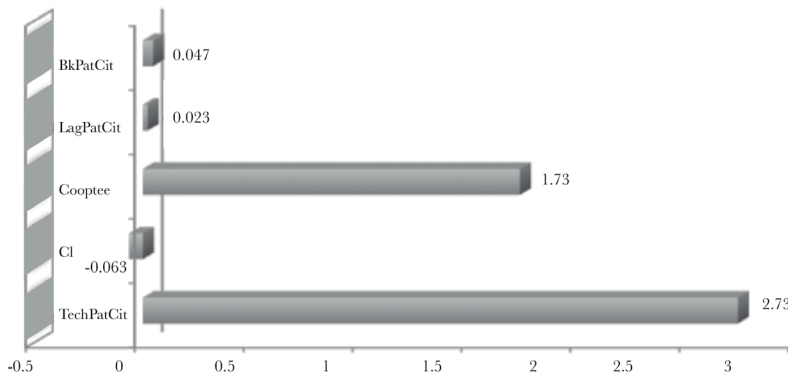
FUENTE: estimación propia.

Interpretación de los resultados del modelo binomial negativo

Con la finalidad de analizar la magnitud de la influencia de cada variable independiente del modelo en la variable dependiente, difusión de los nuevos conocimientos tecnológicos patentados en el área biofarmacéutica de Brasil y México (cuya variable *proxy* es el número de citas recibidas por las patentes de Brasil y México), se estiman los efectos marginales de cada una de las variables con significancia estadística: amplitud tecnológica (*TechPatCit*), número de reivindicaciones de novedad (*Cl*), cooperación tecnológica (*CoopTec*), rezago temporal en que se cita a la patente (*LagPatCit*) y conocimiento previo acumulado en este sector (*BkPatCit*). Dicho de otra manera, los efectos marginales o elasticidades dan cuenta de cuál es el grado de respuesta de la difusión de los nuevos conocimientos tecnológicos patentados en el área biofarmacéutica de Brasil y México (variable dependiente) frente a cambios de una unidad de cada una de las variables independientes. Así, la tasa de cambio del valor medio estimado (2.6) de la variable dependiente (*DifBiof*), respecto al cambio en una unidad de la variable independiente, es igual al valor del coeficiente estimado de la variable independiente por el valor medio estimado de la variable dependiente, y se expresa:

$$\frac{\partial \mu}{\partial X_i} = C_i \mu$$

GRÁFICO 10
EFECTOS MARGINALES DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES
EN LA DIFUSIÓN DE LOS NUEVOS CONOCIMIENTOS TECNOLÓGICOS
PATENTADOS EN EL ÁREA BIOFARMACÉUTICA DE BRASIL Y MÉXICO



FUENTE: estimación propia con base en resultados del modelo binomial negativo.

De las cinco variables, cuatro tienen efectos positivos en la difusión de nuevos conocimientos patentados por Brasil y México en el área estudiada. La variable que tiene mayor efecto marginal es la amplitud tecnológica (*TechPatCit*); al aumentar ésta en una unidad, el número de citas promedio recibidas puede ser de 2.73. Es decir, cuando una patente de Brasil y México del área de biofarmacéutica también es reconocida en otras clases tecnológicas, la amplitud tecnológica es mayor y, por tanto, una clase tecnológica adicional aumenta la propensión de ser citada o difundida en 2.73 veces. Este resultado sugiere que una medida política para favorecer la difusión de las invenciones de los dos países latinoamericanos es desarrollar invenciones cuyo impacto tenga una mayor amplitud en varias clases tecnológicas.

En segundo lugar, la variable colaboración tecnológica (*CoopTec*) tiene una elasticidad de 1.73. Es decir, cuando incrementa en una unidad esta variable, que se representa por una co-patente, la propensión de citas de patentes recibidas es de 1.73 veces en promedio. La colaboración de agentes en la generación de conocimiento influye positivamente en la difusión del nuevo conocimiento patentado en este sector. En muchos países se ha reconocido que la colaboración tecnológica tiene varios efectos positivos en la actividad innovativa. En particular, la lectura que se desprende de este resultado es que debe fomentarse la colaboración en la I+D que se traduzca en co-patentes porque en este proceso se desarrollan redes de conocimientos, derramas de conocimiento tecnológico y, en consecuencia, mayores probabilidades de difusión.

Las otras dos variables con efectos positivos, pero muy marginales, son: rezago temporal de cita (*LagPatCit*) y conocimiento previo acumulado en este sector (*BkPatCit*). Así, al aumentar en un año el rezago en que una patente es citada (*LagPatCit*), la propensión de recibir citas será de 0.023 veces en promedio. Es decir, una unidad adicional en la velocidad de difusión del nuevo conocimiento generado en este sector tecnológico tiene un efecto positivo, pero magro. En términos netos, la difusión se ve limitada. Esta variable se asocia a factores como la cercanía tecnológica y geográfica con otros países. Si bien es cierto que México tiene cercanía geográfica con Estados Unidos, líder de la industria biofarmacéutica, países del este de Asia tienen una mayor cercanía geográfica.²⁴

Finalmente, en el caso de la variable número de reivindicaciones (*Cl*), la elasticidad es negativa. A medida en que aumenta en una unidad el número de reivindicaciones de una patente, la propensión de citas recibidas promedio es de -0.063. Es decir, contrariamente a lo esperado, se registra un efecto negativo sobre la difusión del nuevo conocimiento generado en este sector.

²⁴ Guzmán, A. y Gómez, H., "Patterns of Knowledge...", *op. cit.*

V. CONCLUSIONES

El estudio de la difusión internacional de las innovaciones tecnológicas y los factores que la determinan tiene una enorme relevancia para la comprensión de la naturaleza de la innovación de los países. En general, los estudios de la difusión tecnológica se centran en países industrializados. En particular, cómo se difunden las innovaciones en los países que las generan. En países en desarrollo o emergentes, la difusión de novedades de países industrializados ocurre mediante la transferencia tecnológica. Poco se ha abordado la difusión internacional de las invenciones patentadas en países emergentes.

Retomando las contribuciones de varios economistas sobre metodologías que se basan en la información contenida en los documentos de patentes, propusimos varios modelos hasta encontrar aquel que permitiera identificar las variables explicativas de la difusión de las novedades generadas en el sector biofarmacéutico de países latinoamericanos (Brasil y México).

El modelo que estima la propensión de difusión del conocimiento tecnológico, tomando como variable *proxy* la cita posterior que se hace a las patentes, la cual sugiere la importancia de la invención, así como de los factores que influyen, se enfrentó a problemas econométricos que están asociados al reducido número de patentes y la especificación de las variables *dummy* en lugar de numéricas.

La hipótesis inicial tuvo que ser ajustada cuando se hizo la propuesta de modelo en la medida en que algunas variables no satisficieron las pruebas necesarias para su modelación. Así, fueron descartadas variables que considerábamos esenciales para explicar la propensión a difusión de las novedades patentadas de la industria farmacéutica de Brasil y México: participación de firmas (patentes de firmas), participación de institutos (patentes de universidades e institutos) y vinculación con la academia (citas a artículos científicos).

Al estar en condiciones de escalar a nivel industrial las invenciones, las firmas están en mejores condiciones de difundir sus nuevas aportaciones tecnológicas. Aun cuando son las firmas las que poseen mayores recursos para establecer redes internacionales que contribuyan a una mayor difusión de sus innovaciones, el hecho de que las firmas de Brasil y México en el sector farmacéutico no dominen la actividad inventiva, como ocurre en otros países industrializados, no es posible apreciar la influencia en la propensión a difundir internacionalmente.

Así también, la actividad inventiva generada en las instituciones tiene mayor probabilidad de ser difundida cuando hay vinculación con empresas.

Los vínculos entre universidades/institutos aún son débiles, lo cual no abona a la difusión tecnológica.

No obstante las dificultades, nuestras estimaciones permiten corroborar parcialmente la hipótesis propuesta. Se confirma que la amplitud tecnológica, el número de reivindicaciones de novedad y la cooperación tecnológica, el rezago temporal en que se cita a la patente y el conocimiento previo acumulado en este sector son variables que afectan positivamente la propensión de la difusión de los nuevos conocimientos patentados en el área biofarmacéutica. Sin embargo, las patentes PCT (WIPO) y el tamaño de los equipos de investigación no reportan una influencia significativa en esta propensión.

Los resultados anteriores permiten hacer propuestas de política para lograr mayor difusión de las novedades patentadas de Brasil y México, especialmente aquellas orientadas a fomentar la invención con mayor amplitud tecnológica y la colaboración tecnológica.

La interacción entre universidades/institutos debe fomentarse en mayor grado, así también la integración de equipos de mayor tamaño, pasando por procesos de movilidad de los inventores. Un mayor esfuerzo institucional debe incluir un mayor esfuerzo en I+D y en la formación de capital humano especializado en el área biofarmacéutica, además de la cooperación tecnológica entre agentes de cada país. En este entorno virtuoso se incrementarán las capacidades de absorción del nuevo conocimiento tecnológico y se mejorará la eficiencia del sector biofarmacéutico de innovación. La probabilidad de difusión de los tres países tendrá un terreno fértil.

En cambio, estos dos países aún no han logrado generar las condiciones para tener equipos de investigadores de mayor tamaño, con los efectos de derrame asociados. En países industrializados, el número de los inventores tiende a ser mayor e incluso con presencia de inventores extranjeros debido a convenios de colaboración con otras empresas y universidades e institutos. La movilidad de inventores parece favorecer una mayor probabilidad de difusión tecnológica.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGHION, P. y HOWITT, P., *A Model of Growth through Creative Destruction*, National Bureau of Economic Research, documento núm. 3223, 1990.
- ALBUQUERQUE *et al.*, *Global Interactions Between Firms and Universities: Global Innovation Networks as First Steps Towards a Global Innovation System*, Cedeplar, documento de trabajo, núm. 419, 2011.

- ALCÁCER, J. y GITTELMAN, M., "Patent Citations as a Measure of Knowledge Flows: The Influence of Examiner Citations", *Review of Economics and Statistics*, vol. 88, núm. 4, 2006.
- COCKBURN, Iain y HENDERSON, Rebecca, "Scale and Scope in Drug Development: Unpacking the Advantages of Size in Pharmaceutical Research", *Journal of Health Economics*, vol. XX, núm. 6, 2001.
- CRISCUOLO, P. et al., *Measuring Knowledge Flows Among European and American Multinationals: A Patent Citation Analysis*, Países Bajos, Eindhoven University of Technology, documento presentado en *The Future of Innovation Studies Conference*, septiembre de 2001.
- GAY, C. et al., "The Determinants of Patent Citations: An Empirical Analysis of French and British Patents in the US", *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 14, núm. 5, 2005.
- GOMULKA, S., *The Theory of Technological Change and Economic Growth*, Londres, Routledge, 1990.
- GRANDSTRAND, Ove et al., *Technology Management and International Business*, Wiley & Sons, 1992.
- GRILICHES, Z., *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago-Londres, The University of Chicago Press, 1984.
- GUZMÁN, A., *Propiedad intelectual y capacidades de innovación en la industria farmacéutica de Argentina, Brasil y México*, México, Gedisa-UAM, 2014.
- GUZMÁN, A. y GÓMEZ, H., "Patterns of Knowledge Flows from Industrialized to Emerging Countries. The Evidence of the Pharmaceutical Industry's Use of Patent Citation", *Contaduría y Administración*, vol. 60, 2015.
- HALL, B. et al., *Market Value and Patent Citations: A First Look*, Berkeley, Universidad de California, Departamento de Economía, documento de trabajo, núm. E01-304, 2001.
- HALL, B. et al., *NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools*, National Bureau of Economic Research, documento núm. 8498, 2001.
- HENDERSON, Rebecca et al., "Universities as a Source of Commercial Technology: A Detailed Analysis of University Patenting, 1965-1988", *Review of Economics and Statistics*, vol. 80, núm. 1, 1998.
- HU, A. G. Z. y Jaffe, A., "Patent Citations and International Knowledge Flow: The Cases of Korea and Taiwan", *International Journal of Industrial Organization*, vol. 21, núm. 6, 2003.
- JAFFE, A. y TRAJTENBERG, M., *Patent, Citations and Innovations*, Cambridge-Londres, The MIT Press, 2002.

- LANJOUW, J. O. y SCHANKERMAN, M., “Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators”, *The Economic Journal*, vol. 114, núm. 495, 2004.
- LANJOUW, J. O. y SCHANKERMAN, M., *Patent Suits: Do They Distort Research Incentives?*, CEPR, documento de trabajo, núm. 2042, 2000.
- LEVIN, Richard *et al.*, “Appropriating the Returns from Industrial Research and Development”, *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 3, 1987.
- LUNDVALL, B. A., *National Systems of Innovation: An Analytical Framework*, Londres, Pinter, 1992.
- MASKUS, K., *Intellectual Property Rights in the Global Economy*, Washington, Institute for International Economics Press, 2000.
- NEWMAN, M., “The Structure and Function of Complex Networks”, *SIAM Review*, vol. 45, núm. 2, 2003.
- OCDE, *La Mondialisation Industrielle. Quatre Études de Cas: Pièces Automobiles, Produits Chimiques, Construction y Semi-Conducteurs*, París, 1992.
- OCDE, *La mondialisation de l'industrie*, París, 1996.
- OCDE, *Manual de estadísticas de patentes de la OCDE*, 2002.
- OCDE, *Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology, Synthesis Report*, OECD-NNI, 2013.
- ROGERS, M., *Knowledge, Technological Catch-Up and Economic Growth*, Cheltenham-Northampton, Edward Elgar, 2003.
- ROMER, P., “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, núm. 98, 1990.
- ROSENBERG, N., *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, 1982.
- SCHERER, F. M., *Patents, Economics, Policy and Measurement*, Cheltenham-Northampton, Edward Elgar, 2005.
- SCHMOOKLER, J., “Economic Sources of Inventive Activity”, *The Journal of Economic History*, vol. 22, núm. 1, 1962.
- TONG, X. y FRAME, J. D., “Measuring National Technological Performance with Patent Claims Data”, *Research Policy*, vol. 23, núm 2, 1994.
- VEUGELERS, Reinhilde y CASSIMAN, Bruno, “Make and Buy in Innovation Strategies: Evidence from Belgian Manufacturing Firms”, *Research Policy*, vol. 28, núm. 1, 1999.

VIII. ANEXO

<i>Clasificación / país</i>		<i>Brasil</i>	<i>México</i>	<i>Total</i>
<i>Número de patentes</i>		127	72	199
Tipo de invención	Incremental	97	65	162
	Radical	30	7	41
Tipo de invención	Proceso	29	19	48
	Producto	83	30	113
	Ambos	15	23	38
Número de <i>claims</i>	1-5 <i>claims</i>	46	12	58
	6-10 <i>claims</i>	30	19	49
	11-20 <i>claims</i>	25	28	53
	21-30 <i>claims</i>	18	10	28
	31 o más <i>claims</i>	8	3	11
Tipo de titular	Empresa	72	27	99
	Individual	2	7	9
	Instituto	30	18	48
	Universidad	11	18	29
	Empresa-instituto	3	0	3
	Individual-empresa	0	0	0
	Universidad-empresa	5	1	6
	Universidad-instituto	4	1	5
Nacionalidad de los inventores	Sólo nacionales	108	60	168
	Con extranjeros	19	12	31
Tamaño del equipo	1 inventor	20	12	32
	2-4 inventores	66	44	110
	5-11 inventores	41	16	57

Citas Bw	Núm. citas atrás	873	825	1698
	Participación	51%	49%	100%
	Promedio	6.9	11.5	8.5
Citas Fw	Núm. citas adelante	235	287	522
	Participación	45%	55%	100%
	Promedio	1.9	4.0	2.6
Referencias bibliográficas	No	29	6	35
	Sí	98	66	164

FUENTE: USPTO, clases 514 y/o 424, y 800 y/o 435.